原	著
---	---

親子間における顎態パターン類似性の経年的変化に関する研究

本 橋 信 義

東京医科歯科大学歯学部歯科矯正学教室（指導：三浦不二夫教授）

（1977年10月22日受付）

A Longitudinal Study of the Parent-Offspring Similarity in the Craniofacial Pattern

Nobuyoshi Motohashi

Department of Orthodontics, School of Dentistry,

Tokyo Medical and Dental University

(Director: Prof. Fujio Miura)

要旨：長期間を要する形態形成において、遺伝的影響は、その形態の部位あるいは形成の時期によって異なり、その表現型は成長期間をとおして変化することが一般に知られている。

本研究は、親子の類似性という観点から、顎顔面頭蓋の成長によるパターンの変化に対する遺伝的影響を明確にする目的で、血族親子間の顎顔面頭蓋パターンの類似性を、顎態パターン全体と顎態パターン構成要素各部の類似性との両面について検討した。

資料として、子供の経年資料を含む22家族の側貌頭部X線規格写真286枚を用いた。これら側貌頭部X線規格写真上に17個の計測点を設定し、フィルムーション頭部X線規格写真分析装置によって座標値として読み取り、得られた多次元時系列データから、親子間顎態相互の類似度の経年変化を時系列類似曲線として把握し、以下の結論を得た。

- 1) 顎態パターン全体の親子間類似性の経年変化については、両親に対して子供の類似性が経年的増大を示し、その成長発育過程は、いずれか一方の親の影響を強く受けることが示唆された。
- 2) 顎態パターン構成要素各部の類似性の経年変化については、各構成要素によって、親子間類似性の経年変化には差異が認められ、それぞれが異なる遺伝的支配下におかれていることが示唆された。

I. 緒 言

顎顔面頭蓋の形態学的研究のなかで、ある特定の形質の個体間の類似性を追究する研究は、自然人類学、遺伝学、解剖学の分野のみならず、歯科医学とくに小児歯科学、矯正学の分野において

も、かなり古くから多くの研究者により報告されてきている¹⁻⁵⁾。

歯科矯正学にあっては、いわゆる正常咬合者や各種不正咬合者の顎態の特徴を、頭部X線規格写真計測法を用いて検討し、診断や治療方針の設定などに役立てている⁶⁻¹⁰⁾。しかしながら、成長発

育途上にある子供の顎態を、ある一時点の形態的特徴をもとに、予測を行うことは、現段階ではきわめて困難な問題といえよう^{11~12)}。

一方、遺伝学的立場からみると、親と子供、あるいは同胞間や、双生児の両者間における形質の類似性の検討から、ある形質の遺伝率（遺伝力）の程度を研究する方法がとられてきている^{13~15)}。これらの手法を用いた報告からいえることは、一般に形態形成に長期間を要する形質においては、その発育段階に応じて、遺伝子の作用が異なっていると考えられるために、ある個体のなかでの形質の発現型が、その個体本来の遺伝子型に加えて、個体の環境要因の支配をも受けるために、形質の遺伝分散や遺伝率が、成長という過程のなかで変化してくるという事実の指摘であろう^{16~18)}。また、この種の形質の経年変化を研究しようとする場合には、個体の縦断資料に基づいた、個体内での変化を把握する必要性があることは、異論のないところでもある。

他方、形態の特徴を、いくつかの形質の大きさと形の2要素で表現する場合に、大きさの異なる形態間の比較に際して必要なことは、大きさの要素を消去して、形の要素について比較しなければならない点である。すなわち、形態パターンとして把握し比較をすることが必要となってくる¹⁹⁾。

このような観点にたって、顎顔面頭蓋の形態の成長変化を把握した研究は、これまでにまったく報告されていないように思われる。そこで、著者は、顎顔面頭蓋の成長によるパターンの変化に対する、遺伝的影響を明確にする目的で、本研究に着手した。すなわち、血族親子間における顎態の類似性の変化を、顎態パターン全体と、顎態パターン構成要素各部の類似性との2つの面から解析を加えた。さらに、得られた結果から、子供の顎態の成長予測に対して、先行指標としての親の顎態の特徴が、どの程度有効に活用化しうるかという点についても考察した。

II. 資 料

資料は東京医科歯科大学矯正学教室に所蔵されている側貌頭部X線規格写真経年資料のうち、血族両親を有する22家族の側貌頭部X線規格写真286枚である。これらの家族は、咬合型に無関係に抽出された矯正治療未経験の子供1名と、その父親および母親、計3名より構成され、息子を有する11家族と娘を有する11家族、計22家族66名よりなる。また、子供の側貌頭部X線規格写真は、平均7歳1カ月より9年間にわたって1年ごとに撮影された198枚と、平均18歳3カ月の時点での22枚ならびに、成人に達したと考えられる平均25歳4カ月時に撮影された22枚の11期にわたる合計242枚よりなる。父親および母親の側貌頭部X線規格写真は、それぞれ、父親は平均60歳5カ月、母親は平均54歳4カ月の時点で撮影された合計44枚よりなる。

III. 計測点ならびに計測方法

1. 計 測 点

計測点は、従来から頭部X線規格写真法において、広く用いられている下記に示す13個の計測点である。

S点 (Sella turcica), ERP点 (Ethmoid registered point), N点 (Nasion), Or点 (Orbitale), ANS点 (Anterior nasal spine), A点 (Point A), B点 (Point B), Pg点 (Pogonion), Me点 (Menton), Go点 (Gonion), Ar点 (Articulare), PNS点 (Posterior nasal spine), Ba点 (Basion)。

加えて、本研究では、顎顔面頭蓋の形態の特徴をより詳細に分析するために、新たに、次にあげる4個の計測点を追加した。

ARB点 (Point of anterior ramus border): 下顎骨下縁へのMe点からの接線と、下顎枝後縁へのAr点よりの接線よりなる角の二等分線と下顎枝前縁との交点。

Co点 (Condylion): 下顎頭頭頂部でMe点からの直線距離で最も離れている点。

Smp点 (Superior mid-point of palate): ANS-PNS 線の中点を通り、これに直交する直線と口蓋骨の上縁の交点。

Imp点 (Inferior mid-point of palate): ANS-PNS 線の中点を通り、これに直交する直線と口蓋骨の下縁の交点。

図1 計測点

1) S点, 2) ERP点, 3) N点, 4) Or点, 5) ANS点, 6) A点, 7) B点, 8) Pg点, 9) Me点, 10) Go点, 11) ARB点, 12) Ar点, 13) Co点, 14) PNS点, 15) Smp点, 16) Imp点, 17) Ba点. S-Nを結ぶ直線をX軸として, S点を通りX軸に垂直な直線をY軸とする(図2, 14も同じ)。

以上, 本研究の計測に用いた17個の計測点を図1に示す。

2. 計測方法

まず, 各計測点を透写紙に透写し, これらを東京医科歯科大学矯正学教室所蔵のフィルモーション頭部X線規格写真分析装置によって, 座標値として読み取り, しかるのち, S点, N点を結ぶ直線をX軸とし, またX軸に垂直で, しかもS点を通る直線をY軸として, 各点をx-y座標系に座標変換し, 原データ (xi, yi) i=1, 2, …, 17とした。

IV. 研究方法

子供の顎態の成長変化に伴う, 親子間の形態的類似性の経年変化を検討するにあたり, まず考慮しなければならない問題点は, 親子の間に存在する形態の大小差に対する処理方法である。いわゆる形と大きさの2つの要素によって決定されている顎態を, 形の類似性(相似性)として扱え, これら形の経年的変化による偏位の総和をもって, 成長する顎態のパターンの類似性を示すパラメーターを設定していく必要がある。この場合, もし大きさの要素を除去せずに, それぞれの顎態を示すパラメーターを設定すると, 大小差に基づいた偏りのある“重み”付けが, それぞれの計測点の座標値の上に加えられてしまい, 正確な形の比較を行うことが困難となってくる¹⁹⁾。

このような観点から, 第1段階として, 各個体の計測値に対し, 一定の比率に基づいた等尺化を行うことにした。計測値の等尺化にあたっては, 各個体の計測された原データのなかで, その絶対値が比較的大きい値を示すPg点のY座標値を基準尺度とし, これに対する他の各計測点の座標値x, Y両座標の比率を求め, それぞれを新たにX, Y座標値とした(表1)。

次に, 第2段階として, このように等尺化された顎態に基づいて, 親子の顎態相互間の類似度を示すパラメーターを設定した。一般に, 類似度パラメーターの1つとしてP種の成分 {x_m} (m=1, 2, …, P) を有する2つの個体 α, β の類似度は, その対応成分間の偏異の距離

$$d_{\alpha, \beta} = \sqrt{\sum_{m=1}^P (x_{\alpha m} - x_{\beta m})^2}$$

であたえられている。そこで, 本研究でも, この種の類似度の表示法を採用することにした。すなわち, 等尺化された顎態における, (i) 各計測点の親子間の座標値偏異量一座標値類似度パラメーター, (ii) 顎態のそれぞれの構成要素を代表する線分計測値の親子間の差一線分計測値類似度パラメーター, (iii) 顎態の基本構造を説明する主成分分析法に基づく, 親子間の各主成分因子得点の

表 1 本研究に用いた資料

家 族		期		変 量					(Xi, Yi : i = 1...17)	
1	OFF	1		X 111	Y 111	X 211	Y 211	.....	X 1711	Y 1711
		2		X 121	Y 121	X 221	Y 221	.....	X 1721	Y 1721
		.		.	.	.	.	.	.	.
		.		.	.	.	.	.	.	.
		.		.	.	.	.	.	.	.
		.		.	.	.	.	.	.	.
		11		X 1111	Y 1111	X 2111	Y 2111	.....	X 17111	Y 17111
		FA		X 1121	Y 1121	X 2121	Y 2121	.....	X 17121	Y 17121
		MO		X 1131	Y 1131	X 2131	Y 2131	.....	X 17131	Y 17131
2	OFF	1		X 112	Y 112	.....	.....	.....	X 1712	Y 1712
		.		.	.	.	.	.	.	.
		.		.	.	.	.	.	.	.
		.		.	.	.	.	.	.	.
		11		.	.	.	.	.	.	.
		FA		.	.	.	.	.	.	.
		MO		.	.	.	.	.	.	.
.		.		.	.	.	.	.	.	.
.		.		.	.	.	.	.	.	.
.		.		.	.	.	.	.	.	.
.		.		.	.	.	.	.	.	.
.		.		.	.	.	.	.	.	.
.		.		.	.	.	.	.	.	.
.		.		.	.	.	.	.	.	.
.		.		.	.	.	.	.	.	.
22		.		.	.	.	.	.	.	.
		.		.	.	.	.	.	.	.
		MO		X 11322	Y 11322	.....	.....	.....	X 171322	Y 171322

X_{ijk} Y_{ijk}
 $i = 1 \sim 17$: 各計測点
 $j = 1 \sim 11$: 各期
 ただし $j = 12$ 父
 $j = 13$ 母
 $k = 1 \sim 22$: 各家族
 FA : 父 MO : 母 OFF : 子供

差一因子得点類似度パラメーター，の 3 種類のパラメーターを設定した。それぞれのパラメーターについては，以下に述べる項で詳述する。

1) 親子間における顎態パタン全体の類似性の経年変化に対する研究方法

前述した類似度パラメーターのうち，座標値類似度パラメーターを用いて，親子間の顎態パタン全体の類似性の経年変化を検討することにした。

すなわち，S-N線を基準として比較した親子間の対応する各計測点間の偏位を量的に表示した。図 2 に示すとおり，親 (X_i, Y_i) $i = 1, 2, \dots, 17$ ，および子供 (X_j, Y_j) $j = 1, 2, \dots, 17$ の相対応する座標間の距離の二乗の総和

$$D^2 = \sum_{i,j=1}^{17} \{ (X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 \}$$

を算出し，親子間における顎態パタン全体の類

図2 顎態パターン全体の親子間類似度パラメーター
 ——親 (X_i, Y_i), ----子供 (X_j, Y_j)
 親子間類似度パラメーター

$$D^2 = \sum_{i,j=1}^{17} \left\{ (X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 \right\}$$

似度を表示させることにした。

次いで、この座標値類似度パラメーターの経年変化を、親子間時系列類似曲線として把握することにした。

親子間の組み合わせとしては、(a)片親に対する子供の組み合わせ（父—息子、母—息子、父—娘、母—娘の4種類）、(b)両親と子供の組み合わせ（子供が息子の場合と娘の場合の2種類）の計6種類である。

2) 顎態構成要素各部の類似性の経年変化に対する研究方法

顎顔面頭蓋は、いくつかの構成要素から成り立っている。これらの顎態構成要素は、それぞれ異なった成長系に属しており、かつ、それぞれの成長系に対する遺伝的影響の程度も異なっていると考えられる²⁰⁾。

このような観点から、親子間顎態パターンの類似性の経年変化を、さらに詳細に把握すべく、顎態構成要素各部について、次のような手法にしたがって検討を加えることにした。

(a) 顎態パターンを構成する要素として、頭蓋底部、上顔面部、下顔面部の3つの構成要素に大別し、それらの各構成要素を表現すると考えられ

図3 線分計測部位（各計測点間距離）

I. 頭蓋底部

1. S-N点, 2. S-Ba点, 3. N-Ba点

II. 上顔面部

4. N-ANS点, 5. ANS-PNS点, 6. S-PNS点

III. 下顔面部

7. ANS-Pg点, 8. Pg-Co点, 9. Co-Go点, 10. Go-Pg点

る、10個の線分計測値（図3）、頭蓋底部： $\overline{S-N}, \overline{N-Ba}, \overline{S-Ba}$ 、上顔面部： $\overline{N-ANS}, \overline{ANS-PNS}, \overline{S-PNS}$ 、下顔面部： $\overline{ANS-Pg}, \overline{Pg-Co}, \overline{Co-Go}, \overline{Go-Pg}$ を選定した。次いで、線分計測値類似度パラメーターとして、親の各線分計測値 li ($i = 1, 2, \dots, 10$) と、子供の相対応する線分計測値 lj ($j = 1, 2, \dots, 10$) の差の2乗 $D^2 = (li - lj)^2$ を求めた。

(b) 多変量で示されている高次元データ ($X_i, Y_i : X_j, Y_j$) を主成分分析法により、低次元データとして表現した。こうすることにより、情報量の損失を可及的に少なくおさえながら、演算処理やデータの解釈の上での煩雑さを除去した。この主成分分析の結果に基づき、それぞれの顎態の基本構造を説明しうる数個の主成分を抽出し、これ

図 4 顎態パタン全体の親子間時系列類似曲線 (片親と子供の組み合わせ) 1~22:各家族

らの主成分の親子の因子得点 (Z_i, Z_j) の差の2乗 $D^2 = (Z_i - Z_j)^2$ を因子得点類似度パラメーターとした。

以上の(a), (b)の手法により得られた2種類の異なる類似度パラメーターから, 1)項と同様に, 親子間時系列類似曲線を求め, 親子間における顎態パターン構成要素各部の類似性の経年変化を検討することにした。

V. 研究結果

1. 親子間における顎態パターン全体の類似性の経年変化について

座標値類似度パラメーターによる結果—その1. 片親と子供の組み合わせ

父一息子, 父一娘, 母一息子, 母一娘の4種類の組み合わせそれぞれにおいて, 子供の11期ごとの座標値類似度パラメーターを算出し, それら求められた時系列データから, 各家族における父または母と子供との, 顎態パターン全体の類似性の経年変化の様相を, 時系列類似曲線として把握した(図4)。その結果, 経年的に類似度パラメーターが減少するパターン, つまり親に類似していくパターンⅠ, 類似度パラメーターの経年的変動が見られないパターン, つまり親子の類似性が変化しないパターンⅡ, 経年的に類似度パラメーターが増大していくパターン, つまり親に類似してこなくなるパターンⅢ, の3種類に大別できた(図5)。

次いで, 各対象家族の時系列類似曲線が, これら3種類のパターンのいずれに属してくるかについて, その割り合いを求めた(図6)。その結果, 父一娘の組み合わせにおいて, 親に経年的に類似していくパターンⅠが最も多く, 他の3種類の組み合わせ, すなわち父一息子, 母一息子, 母一娘の組み合わせについては, とくに特徴的な傾向は認められなかった。

座標値類似度パラメーターによる結果—その

2. 両親と子供の組み合わせ

両親に対する子供の顎態パターン全体の経年変化を検討するにあたり, まず, 父一母間の座標値類似度パラメーターを底辺として, 父および母に対

図5 親子間顎態パターン全体の時系列類似曲線の分類
パターンⅠ：親子が経年的に類似していくパターン
パターンⅡ：親子の類似性に変化を見ないパターン
パターンⅢ：親子が経年的に類似してこなくなるパターン

する子供の座標値類似度パラメーターを頂点とする三角形を描いた。子供の成長発育に伴い変化する, この三角形の頂点の軌跡を, 両親に対する子供の顎態パターン全体の時系列類似曲線として見ると(図7), 経年的に父親に類似していくパターンⅠ, 母親に類似していくパターンⅡ, 両親のどちらから, かけ離れていくパターンⅢ, の3種類のパターンに分類できた(図8, 9)。これらの分類に基づいて, 男の子を有する11家族, 女の子を有する11家族について, 3種類のパターンの出現率を求めると(図10), 両親に対する子供の顎態パターン全体の類似性の経年変化においては, 男の子で約82%, 女の子で約91%の高率で, どちらかの親に対して類似性の経年的増大がみられた。とくに, 女の子は父親に類似していく傾向が, やや多いようであった。しかし, 両親のどちらに対しても, 類似性の経年的減少を示す例も少数存在してい

図 6 顎態パタン全体の時系列類似曲線各パタンの出現率 (片親と子供の組み合わせ)

図 7 血族親子間における両親と子供の時系列類似曲線の 1 例

た。

2. 親子間顎態構成要素各部の類似性の経年変化について

a) 線分計測値類似度パラメーターによる結果
 経年的に得られた線分計測値類似度パラメーターをもとに、その時系列類似曲線を描いてみると、前項同様に、類似度パラメーターが経年的に減少を示す、親に類似してくるパタンⅠ、類似度に経年的変化が見られないパタンⅡ、および類似度パラメーターの経年的増大が見られる、親子の類似性が低下していくパタンⅢ、の 3 種類のパタンに大別できた。次いで、すべての家族において、片親と子供の組み合わせ (4 種類) に基づき、線分計測値類似度パラメーターより時系列類似曲線を描き、先きに述べた 3 種類のパタンの出現率を算出してみると (図11)、頭蓋底部では $\overline{S-N}$, $\overline{N-Ba}$ に、上顔面部では $\overline{ANS-PNS}$ に、下顔面部では $\overline{Pg-Go}$ に、類似性の経年的増大を

図8 顎態パターン全体の親子間時系列類似曲線(第1期と第11期を結んだベクトル) 1~22:各家族

示すパターンIの出現率が、親子のいずれの組み合わせにおいても、比較的多く認められた。他の計測値については大きな変化はなく、時系列類似曲線パターンの恒常性が見られた。

b) 因子得点類似度パラメーターによる結果

17計測点のX, Y 2次元データ, 34個の情報で示している, それぞれの顎態に主成分分析法を適用することにより, より少ない情報量で顎態を説明しようとした。すなわち, 顎態を構成する基本

図9 両親と子供の時系列類似曲線のパターン分類
パターンI: 経年的に父親に類似していくパターン
パターンII: 経年的に母親に類似していくパターン
パターンIII: 経年的に両親のどちらからもかけ離れていくパターン

構造を浮き彫りにしようと考えたわけである。表2, 3に示すように, 1組のそれぞれ独立な成分が得られ, 各々について, 固有値 (eigen value), 寄与率 (proportion of total variance), および固有ベクトル (eigen vector) が求められた。

その結果, 第1より第10までの10成分により, それぞれの顎態の情報量の約92%を説明しうることが判明した。また, 通常, 目安として用いられる固有値1.0以上の成分をみると, 第1成分から第6成分までであり, これら6個の成分により約80%の寄与率があることが明らかになった。このことから, 34個の情報で表現していた顎態を, 6個の主成分に要約し, これらの因子得点を顎態の基本構造を表現するパラメーターとして用いることにした。

一方, ここで得られた6個の各主成分が, 顎態のどのような基本構造を示唆するかについて検討を加えるために, 本研究に用いた等尺化された資料の平均値によって描かれる, 顎顔面頭蓋のパターンを示すプロフィールグラム上に, 各主成分の因子負荷量に比例した各計測値を, 投影し重ね合わせると図12のようになった。これらの図から第1成分は顎顔面頭蓋の深さ成分, 第2成分は中顔

図10 顎態パタン全体の時系列類似曲線各パタンの出現率（両親と子供の組み合わせ）

図11 それぞれの親子間の組み合わせに見られる各線分計測値をパラメーターとする時系列類似曲線各パタンの出現率
1～10は各線分計測部位を示す（図3）

表2 主成分分析, 固有値とその寄与率

	固有値	寄与率	累積寄与率
1	9.197	0.307	0.307
2	5.927	0.198	0.504
3	3.828	0.128	0.632
4	2.600	0.087	0.718
5	1.716	0.057	0.776
6	1.204	0.040	0.816
7	0.995	0.036	0.852
8	0.809	0.027	0.879
9	0.632	0.021	0.900
10	0.609	0.020	0.921
11	0.449	0.015	0.936
12	0.323	0.011	0.946
13	0.288	0.010	0.956
14	0.237	0.008	0.964
・	・	・	・
・	・	・	・
30	0.002	0.000	1.000

面高さ成分, 第3成分は下顔面高さ成分, 第4成分は下顔面深さ成分, 第5成分は下顎骨体回転成分, 第6成分は下顎枝回転成分と解釈することが, もっとも妥当であると考えられた。

このようにして得られた6個の各成分について, 親子間の相対応する成分の因子得点の差の2乗を類似度パラメーターとし, それぞれの時系列類似曲線を求め, さらに, これら曲線のパターンを前項同様, 親に経年的に類似していくパターンⅠ, 類似性に変化が見られないパターンⅡ, 親にだんだん似なくなるパターンⅢの3つのパターンに分類して, 各親子の組み合わせごとに, それら3種類のパターンの出現率を求めてみた(図13)。

その結果, (i)親子の類似性が経年的に増加を示すパターンⅠは, 父と子供の組み合わせにおける第3成分すなわち下顎面高さ成分, 母と子供の組み合わせにおける第1成分, すなわち顎顔面頭蓋の深さ成分, の両者に高い出現率を認めた。(ii)

表3 主成分分析, 固有ベクトル

計測点		主成分					
		1	2	3	4	5	6
ERP	X2	0.126	0.281	-0.092	0.025	-0.170	-0.287
	Y2	-0.009	-0.128	-0.070	0.032	0.584	0.196
N	X3	0.173	0.292	-0.134	0.126	0.012	-0.066
	X4	0.229	0.163	-0.176	0.093	0.137	-0.093
Or	Y4	-0.043	-0.264	0.011	0.111	0.220	0.129
	X5	0.288	0.098	-0.128	0.051	0.147	-0.062
ANS	Y5	-0.101	-0.296	-0.127	0.141	0.122	-0.049
	X6	0.294	0.060	-0.144	0.038	0.154	-0.015
A	Y6	-0.101	-0.283	-0.141	0.201	0.049	-0.121
	X7	0.252	-0.135	0.005	0.237	-0.221	0.192
B	Y7	-0.057	-0.162	0.081	0.164	0.119	0.197
	X8	0.233	-0.140	0.089	0.247	-0.254	0.184
Pog	X9	0.223	-0.143	0.113	0.233	-0.259	0.228
	Y9	-0.169	0.061	-0.238	-0.209	-0.071	0.233
Me	X10	0.120	-0.215	-0.147	-0.175	-0.330	0.236
	Y10	-0.169	0.151	-0.313	-0.097	0.107	0.298
Go	X11	0.221	-0.089	-0.267	-0.078	-0.161	0.213
	Y11	-0.066	0.204	-0.304	0.081	0.093	0.440
AR	X12	0.006	-0.196	-0.288	-0.344	-0.113	-0.044
	Y12	-0.193	0.139	-0.235	0.178	-0.202	0.045
Co	X13	-0.034	-0.141	-0.268	-0.306	-0.113	-0.251
	Y13	-0.192	0.169	-0.214	0.184	-0.062	0.042
PNS	X14	0.261	-0.101	-0.198	-0.007	0.079	-0.109
	Y14	-0.174	-0.073	-0.246	0.193	-0.102	-0.137
Smp	X15	0.297	0.018	-0.171	0.032	0.118	-0.110
	Y15	-0.121	-0.218	-0.196	0.279	-0.014	-0.263
Imp	X16	0.298	-0.005	-0.163	0.029	0.140	-0.091
	Y16	-0.123	-0.220	-0.186	0.268	0.004	-0.138
Ba	X17	0.041	-0.293	-0.052	-0.281	-0.028	-0.087
	Y17	-0.183	0.178	-0.098	0.239	-0.161	-0.118

図12 各主成分の特徴を現すプロフィログラム
 ——：本研究の資料の平均値によって描かれるプロフィログラム
 ----：各因子負荷量に比例した各計測値によって描かれるプロフィログラム

親子の類似性に経年的変化が見られないパターンⅡは、第4成分すなわち下顔面深さ成分、第5成分すなわち下顎骨体回転成分、および第6成分すなわち下顎枝回転成分、の3者に、いずれの親子の組み合わせにおいても高い出現率を認めた。(iii) 親子の類似度に経年的減少の見られるパターンⅢは、父一息子の組み合わせにおける第1成分すなわち顎顔面頭蓋の深さ成分、母と子供の組み合わせにおける第3成分すなわち下顔面高さ成分、の両者に高い出現率を認めた。

VI. 考 察

1. 等尺化について

異なった大きさを示す対象物を互いに比較し

て、その形としての相対量の類似度を検討する場合には、比較しようとする対象物をそれぞれ、共通の尺度をもって規準化を計る必要がある。本研究でも子供の成長発育に伴う、各年齢ごとの絶対量の著しく異なる顎態の比較、ならびに子供と両親との比較にこの等尺化が必要となった。古庄、石黒らは資料の等尺化にあたり、各個体の測定値と期別の平均値との差を、その標準偏差で除した正規変換値を用いている。本研究においては、すでに相馬によって報告されているように、顎態の各計測点の座標値のなかで、比較的大きい値を示したPg点のY座標値を基準尺度として、各計測点の座標値の等尺化を計った。すなわち、各顎態はPg点のY座標値を1とした際の、それぞれの

図13 それぞれの親子間の組み合わせに見られる各主成分因子得点をパラメーターとする
時系列類似曲線各パタンの出現率
F : 父, M : 母, S : 息子, D : 娘, Ci (i = 1 ~ 6) : 各主成分

比率に準じて等尺化されたわけである。この手法により、絶対量の異なった顎態の形の要素（顎態パタン）を明瞭に把握することができたものと考えられる。

しかし、一方で、本資料の顎態パタンのなかに、もしも、偏った特異的な顎態のパタンが存在していたとすれば、その等尺化されたデータに基づく顎態のパタンの解析には、その原データに潜在した形態上の特異性を加味して考察しなければならないことになる。そこで、いま本資料の等尺化されたデータの平均値に基づいて描かれた顎態パタンのプロフィログラムと、いわゆる正常咬合者のデータから得られた顎顔面頭蓋のプロフィログラムとを重ね合わせてみると図14で示すと

り、本資料が少数の対象者にもかかわらず、そのパタンはいわゆる正常咬合者のデータから得られたパタンにほぼ近似していることが確認される。この事実からも、この等尺化されたデータをもとに、親子間の顎態パタンの類似性の経年変化を十分検討しうることが知られよう。

2. 類似度パラメーターについて

一般に、顎顔面頭蓋のような連続型変量の類似度を定量的に検討するには、尺度として相関係数あるいは距離が挙げられよう。このような、2種類の類似度パラメーターを用いて、親子の顎態パタンの類似性を検討すれば、相関係数により集団としての親子の顎態パタン類似性の全体的傾向が、また、距離により各家族の親子間の個別の類

図14 正常咬合者群のプロフィログラムと本研究の資料の平均値によって描かれるプロフィログラムの重ね合わせ

——：本研究の資料の平均値によって描かれるプロフィログラム
 ----：正常咬合者群のプロフィログラム

似性が、把握される。

しかしながら、親子間における顎顔面頭蓋の種々の形質について、類似度パラメーターとして相関係数を用い、親子間の類似性の集団としての全体的変異の様相を、検討した研究は従来から数多く報告されているが、その相関係数のばらつきはかなり大きいように思われる。また標本数が少ない場合には、その相関係数の信頼性は必ずしも高いとは思われない。

このような観点から、本研究では基本的に類似度パラメーターとして“距離”を用いることが妥当であると考えた。すなわち、本研究では、(i)それぞれの顎態の対応する計測点の座標値間の距離の総和を座標値類似度パラメーター、(ii)顎態の構成要素(頭蓋底、上顔面部、下顔面部)を一般的に代表すると考えられる線分計測値の差を線分計測値類似度パラメーター、さらに(iii)主成分分析法により得られた、顎態基本構造を説明する

主成分の因子得点の差の2乗を因子得点類似度パラメーターとして設定した。とくに、線分計測値類似度パラメーターと因子得点類似度パラメーターとは、顎態の各構成要素あるいは基本構造の類似度を求める上で設定したものである。

今後、顎態の類似性を評価する際に、これらのパラメーター相互の関連性やこれらのパラメーターに対する“重み付け”に関して、より一層の検討を行えばさらに有効な類似度の表示法が確立されよう。

3. 親子間顎態パタンの類似性について

一般に、パタンの認識に際しては、全体的パタンの認識と、部分的パターン認識の2つの情報処理を行い、そこから得られた情報のフィードバックにより、パターン全体を再構築して、その総合的認識が行われる²¹⁾。

親子間における顎顔面頭蓋の類似性に関する従来の研究の多くは、顎顔面頭蓋を構成する一部の形態的特徴について行われてきている^{2, 3, 22)}。しかし、顎顔面頭蓋構造は、多くの構成要素からなり、しかも、それらの要素は必ずしも、同一の成長系に属しているとは考えられない。また、顎態パタンの基本構造が必ずしも、明確に把握されているとはいえない。したがって、顎態パタンの把握にあたっては、顎態パターン全体ならびに、その構成要素の両面について検討を行うことが必要であろう。

このような観点から、本研究においては、顎態パターン類似性の経年変化を、顎態パターン全体の類似性の経年変化と、顎態パターン各構成要素の類似性の経年変化の両面から総合的に検討を行った。

4. 顎態パターン全体の類似性の経年的変化

親子間の種々の形質の類似性の検討において、親子の組み合わせとして、通常、父一息子、母一息子、父一娘、母一娘の4種類が用いられている。

本研究の1つの目的である、成長変化という時間の要因によって、父、母の形質からのへだたりの変化を把握するためには、いずれか一方の親と

子の組み合わせだけでは不十分である。そこで、先の4種類の組み合わせに加えて、両親と子供の組み合わせを設け、家族内での各親との類似度の変化を個別に把握しうよう組み立てた。

研究結果から、明瞭に示されているように、親子間の顎態パターン全体の経年的類似性が増大していく、時系列類似曲線パターンの例が多く見られたのは、父一娘の組み合わせにおいてであった。また、両親と子供の組み合わせについてみると、いずれかの親に、経年的に類似性の増大を見る時系列類似曲線の出現率が男の子では約82%、女の子では約91%の高率で認められた。これらのことは、両親に対して子供の類似性が経年的に増大を示し、その成長発育過程は、いずれか一方の親の影響を強く受けることを示唆しているものといえる。また、顎態類似性の性差については、男の子は母親に、女の子は父親に類似していく傾向は見られたが、本資料のような少数例においては必ずしもその有意性を明確にすることはできない。

一方、少数例とはいえ、両親のいずれに対しても類似性が減少していくパターンも見られたことは、単に顎態の類似性を全体の表現型からだけで評価すると、遺伝的な潜在要因をまったく無視してしまう可能性もあることを意味しているものと思われる。形態形成における、このような非顕性要因の存在、ならびにその説明は未解決の問題であり、今後の研究課題の1つといえよう。

5. 顎態構成要素各部の類似性の経年変化

顎顔面頭蓋は、いくつかの異なる成長系に属す構成要素からなると考えられる。しかもそれぞれの成長系に対する遺伝的要因の関与の程度にも差があるとされている。このことは、前項でも述べたように、たとえ、全体の表現型としては、必ずしも親子間の類似性が認められなくても顎態を構成するある種の成長系に属する構成要素に関しては、きわめて明瞭な類似性を認める場合も考えられるのではないだろうか。したがって、顎態構成要素各部に分割して、それぞれの対応要素について親子間の類似性を検討してみる必要が生じよう。そこで、本研究では、この種の検討に対し、

2種類の解析法を用いた。第1の解析法として、顎態を頭蓋底部、上顔面部、下顔面部の3つの構成要素に大別し、これら各構成要素を代表すると思われる10個の線分計測値を設定し、親子間におけるこれらの線分計測値類似度パラメーターの経年変化を求めた。

その結果、頭蓋底部ではS-N、N-Ba、中顔面部ではANS-PNS、下顔面部ではGo-Pgのいずれも深さ成分を示す計測値に親子のいずれの組み合わせにおいても、類似性の経年的増大のパターンが多く出現した。このことは、構成要素の形態把握の部位による違いによって、親子間の類似性の経年変化に著明な差異が存在していることを示している。しかし、ここで得られた結果は、形としての顎態の比較に際して、その形を表現するための、大きさを比較していることになる。したがって、等尺化された図形の上で、基準尺度と直交するような尺度に、その変化分が影響を強く受けてきていることにも考慮すべきであろう。

他方、従来みられたこの種の研究のほとんどは、このような線分計測値類似度パラメーターを顎態の中にできるだけ多く設定し、それらのパラメーター間の単相関あるいは多相関をもとに類似性を検討したものであった。本研究の場合の例をとると、線分計測値では $17C_2$ 個、角度計測値では $17C_3$ 個の計測項目を設定しなければならないために、演算処理も煩雑化し、かつそれに対する解釈も複雑化してくる。

一般に、このような互いに相関のある多変量のデータを要約する手段として、主成分分析法が用いられており、歯科矯正学の分野においても、すでに相馬¹⁹⁾により、顎態パターン各構成成分の総合的抽出法として活用されている。

そこで、本研究においては、顎態パターン各構成要素の親子間類似性について、第2の解析法として、各変量の相関行列から出発する主成分分析法を採用し、各主成分の因子得点を、顎態パターン各部の類似度を示す指標として用い、顎態を構成する潜在要素の親子間のパターン類似性への影響を検討した。

因子得点類似度パラメーターをもとに、親子間の時系列類似曲線のパターン分類の結果は、図13に示したとおりである。これによれば、第1成分である顎顔面頭蓋の深さ成分は、母親に類似していく傾向を示し、第3成分である下顔面高さ成分は、父親に類似していく傾向を認めた。また、第4成分である下顔面深さ成分、第5成分である下顎骨体回転成分、第6成分である下顎枝回転成分の3成分は、時系列類似曲線パターンの恒常性がみられた。

これらの事実は顎態を構成する主な成分がそれぞれ、異なった遺伝的支配下におかれていることを示唆しているものといえよう。このような手法は、顎態構成要素各部の成長変化の遺伝的支配の様相を解明していく上で、その端緒を開くものと思われる。

他方、第4、第5、第6成分においては、きわめて、親子の類似性の経年変化が少なく、しかも類似度は高い値を示していた。このことは、これらの成分で示す顎態構成要素の成長過程における、パターンの持続性、あるいは安定性を示すものと考えられる。またこれらの要素が、生物固体の基本的構造の主要な部分を占めるために、より早期に確立し、しかも遺伝的支配を強く受けることに由来しているのではないかと推察される。

6. 家族資料の活用化について

顎顔面頭蓋の成長予測にあたり、先行指標として、家族資料の活用化を示唆する報告が見られている^{23~25)}。

この点について、子供の経年的資料を用いて、親子間の類似性の経年変化を縦断的に検討した本研究の結果からも、顎態パターンを構成する、いくつかの構成成分について家族資料活用化の可能性を示唆する知見が得られた。たとえば、主成分分析によって抽出された各成分のうち、下顔面高さ成分は父親に、あるいは、顎顔面頭蓋深さ成分は母親に経年的に類似していく事実などは、その活用化を示唆する成果であろう。

従来、成長期にある子供、あるいは成人期に達したのちの子供と、その親の間で、顎顔面頭蓋の

種々の形質について相関分析を行い、親の資料をパラメーターとする回帰モデルによって、子供の成長発育を予測する研究も報告されている^{26, 27)}。しかしながら、本研究の結果に見られるように、個々の家族において、顎態パターン各構成成分の親子間類似性の経年変化は、多様性に富んでいることから、個体の成長予測にあたり、前述したような、期別の集団について、平均値的にもとめられた類似度パラメーターによる回帰分析を、個体の成長発育の予測に用いることには問題があるように思われる。

本研究の結果を参考にすると、個体の成長発育の予測に家族資料の活用化を図るためには、各家族ごとに見られる種々の時系列類似曲線の、より詳細な検討が必要であると考えられる。本研究においては、種々の時系列類似曲線の傾きによって、パターン分類を試みたが、今後さらに、これらの時系列類似曲線を、より多角的に類型化し、その潜在構造の定量的把握により、家族資料の活用化を歯科矯正学へ導入してみたい。

Ⅶ. 総括および結論

顎顔面頭蓋の成長によるパターンの変化に対する、遺伝的影響を明確にする目的で、血族親子間の顎顔面頭蓋パターンの類似性を、顎態パターン全体と顎態パターン構成要素各部の類似性との両面について検討した。

資料は東京医科歯科大学矯正学教室に所蔵されている側貌頭部X線規格写真経年資料のうち、血族両親を有する22家族の側貌頭部X線規格写真286枚である。これら側貌頭部X線規格写真上で17個の計測点を設定し、フィルムーション頭部X線規格写真分析装置によって、座標値として読み取り、得られた多次元時系列データを用いた。顎態相互間の類似度を表現する類似度パラメーターとして、i) 座標値類似度パラメーター、ii) 線分計測値類似度パラメーター、iii) 因子得点類似度パラメーターを算出し、時系列類似曲線を求め、それらのパターン分類から以下の結論を得た。

1) 顎態パターン全体の親子間類似性の経年的変

化について：いずれかの親に経年的に類似性の増大を見るパタンの出現率が、男の子では約82%、女の子では約91%の高率で認められた。すなわち、両親に対して子供の類似性が経年的増加を示し、その成長発育パターンは、いずれか一方の親の影響を強く受けることが知られた。一方、少数例ではあるが、両親のいずれに対しても類似性が経年的に減少していく、パタンの存在も確認された。

2) 顎態構成要素各部の類似性の経年的変化について：

a) 顎態を頭蓋底部、上顔面部、下顔面部の3つの構成要素に分割し、これら各構成要素を代表すると思われる10個の線分計測値について、親子間類似性の経年変化を検討した結果、頭蓋底部では、S-N, N-Ba, 中顔面部では、ANS-PNS, 下顔面部では、Go-Pg のいずれも深さ成分を示す計測値に、類似性の経年的増大のパターンが多く出現した。

b) 顎態パターン各変量に主成分分析法を適用し、各主成分の因子得点を、顎態パターン各部の類似度を示す指標として、顎態を構成する潜在要素の親子間のパターン類似性への影響を検討した結果、顎顔面頭蓋深さ成分は母親に類似していく傾向があり、下顔面高さ成分は父親に類似していく傾向が見られた。また、下顎骨体回転成分、下顎枝回転成分、下顔面深さ成分は時系列類似曲線パタンの恒常性が見られた。

これらのことから、顎態を構成する各要素の成長発育は、それぞれが異なる遺伝的支配下におかれていることがうかがえる。

3) 家族資料の活用化について：本研究の結果のうち、下顔面高さ成分は父親に、あるいは、顎顔面頭蓋深さ成分は母親に経年的に類似していくという事実などは、家族資料活用化を示唆する成果であった。しかし、一方では、個々の家族における顎態パターン類似性の経年変化は、きわめて多様性に富むものでもあった。つまり、個体の成長発育の予測にあたっては、多くの家族資料をもとに、各家族内における顎態の潜在構造の多角的類

型化を図り、その定量的解析を行えば、家族資料活用化の有効な情報が得られることになる。

謝 辞

稿を終えるにあたり、終始ご懇篤なるご指導、ご校閲を賜りました三浦不二夫教授に対し、謹んで感謝の意を表します。また、終始丁寧なご教示、ご校閲を賜った黒田敬之助教授に深く感謝致しますとともに、相馬邦道先生はじめ暖かいご助言をいただいた矯正学教室の皆様にお礼申し上げます。

なお、演算処理は、日本科学技術研修所計算センターによった。

文 献

- 1) Furusho, T.: On the manifestation of genotypes responsible for stature. *Human Biol.*, 40: 437-455, 1968.
- 2) Rubbrecht, O.: A study of heredity of the anomalies of the jaw. *Am. J. Orthodont.*, 25: 751-779, 1939.
- 3) Krogman, W. M.: The role of genetic factors in the human face, jaws and teeth; A review. *Eugenic Rev.*, 59: 165-192, 1967.
- 4) Kraus, B. S., Wise, W. J. & Frei, R. H.: Heredity and the craniofacial complex. *Am. J. Orthodont.*, 45: 172-217, 1959.
- 5) Harris, J. E., Kowalski, C. J. & Watnic, S. S.: Genetic factors in the shape of the craniofacial complex. *Am. J. Orthodont.*, 43: 107-111, 1973.
- 6) Craig, C. E.: The skeletal patterns characteristic of Class I and Class II Div. 1 malocclusions in norma lateralis. *Angle Orthodont.*, 21: 44-56, 1951.
- 7) Brodie, A. G.: Behavior of normal and abnormal facial growth patterns. *Am. J. Orthodont. Oral Surg.*, 27: 633-647, 1941.
- 8) Susami, R.: A cephalometric evaluation of dentofacial growth in mandibular protrusion subjects. *J. Osaka Univ. Dent. Sch.*, 9: 25-35, 1969.
- 9) Savara, B. S.: The role of computers in dentofacial research and the development of diagnostic aids. *Am. J. Orthodont.*, 61: 231-244, 1972.
- 10) Sassouni, V.: A classification of skeletal facial types. *Am. J. Orthodont.*, 55: 109-123, 1969.
- 11) Horowitz, H. & Hixon, E.: The Nature of Orthodontic Diagnosis. St. Louis, 1966, Mosby, p. 303.

- 12) Meredith, H. V.: Serial study of changes in a mandibular dimension during childhood and adolescence. *Growth*, 25: 229-242, 1961.
- 13) 石黒慶一: 多変量解析法による下顎前突の遺伝学的研究: 第二報 クラスター分析による検討. *口病誌*, 38: 58-72, 1971.
- 14) 和田和郎: 親子の頭部X線規格写真よりみた頭蓋の形態遺伝学的研究. *歯科学報*, 68: 1335-1352, 1968.
- 15) 中田 稔: 双生児法による幼児の顔面頭蓋形態に関する遺伝学的研究. *口病誌*, 34: 376-392, 1967.
- 16) Nakata, M., Yu, P. & Nance, W. E.: Multivariate analysis of craniofacial measurements in twin and family data. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 41: 423-430, 1972.
- 17) Falconer, D. S.: Genetic and environmental variation in the growth of mice. Moyers, R. E., & Krogman, W. M., (eds.), Oxford, Pergamon Press.
- 18) 村居正雄: マウス下顎臼歯発育の遺伝学的研究. *Jap. J. Genetics*, 50: 73-90, 1975.
- 19) 相馬邦道: 頭部X線規格写真上での類似法による成長予測の検討. *口病誌*, 38: 533-555, 1971.
- 20) Von Limborgh, J.: The role of genetic and local environmental factors in the control of postnatal craniofacial morphogenesis. *Acta Morphol. Neerl.-Scand.*, 10: 37-47, 1972.
- 21) 飯島泰蔵: パターン認識. 東京, 1964, コロナ社, 22-25ページ.
- 22) 佐藤元彦: 親子における顔貌の類似性について. *歯学*, 54: 289-319, 1967.
- 23) 高濱靖英: 咬合の遺伝について. *日本歯科評論*, 403: 49-60, 1976.
- 24) Harris, J. E. & Kowalski, C. J.: All in the family: Use of familial information in orthodontic diagnosis, case assessment, and treatment planning. *Am. J. Orthodont.*, 69: 493-510, 1970.
- 25) Welch, Q. B.: Fitting growth and research data. *Growth*, 34: 293-312, 1970.
- 26) Hunter, W. S., Balbach, D. R. & Lamphiear, D. E.: The heritability of attained growth in the human face. *Am. J. Orthodont.*, 58: 128-134, 1970.
- 27) Nakata, M., Yu, C. P., Davis, B. & Nance, W. E.: The use of genetic data in the prediction of craniofacial dimension. *Am. J. Orthodont.*, 63: 471-480, 1973.